

中等职业学校机械专业理实一体化教材

数控车削 编程与实训

ShuKong CheXiao BianCheng Yu ShiXun



主编 孙动策

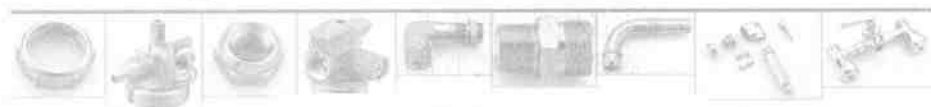


经济科学出版社
Economic Science Press

中等职业学校机械专业理实一体化教材

数控车削 编程与实训

ShuKong CheXiao BianCheng Yu ShiXun



主编 孙动策



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车削编程与实训 / 孙动策主编. —北京:
经济科学出版社, 2009. 12
中等职业学校机械专业理实一体化教材
ISBN 978 - 7 - 5058 - 8893 - 7
I. ①数… II. ①孙… III. ①数控机床: 车床 - 车削 -
程序设计 - 专业学校 - 教材 IV. ①TG519. 1
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 225146 号

责任编辑: 吕亚亮 凌 敏

责任校对: 杨晓莹

版式设计: 代小卫

技术编辑: 李长建

数控车削编程与实训

主 编 孙动策

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

教材编辑中心电话: 88191307 发行部电话: 88191540

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮箱: [lyl@ esp. com. cn](mailto:lyl@esp.com.cn)

北京密兴印刷厂印装

787 × 1092 16 开 8.25 印张 200000 字

2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

印数: 0001—5000 册

ISBN 978 - 7 - 5058 - 8893 - 7 定价: 21.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

(版权所有 翻印必究)

本书编委会

顾 问：顾淑群 应龙泉 张益文 卢建飞

主 编：孙动策

副主编：姚月焕 俞红旗 唐国梁

编 委：熊荣生 王铁军 张国年 闻增灿
曹建标 谷成峰

序

2003年12月教育部、劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部联合下发了《教育部等六部门关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》。为了配合该工程的实施,使开发的教材更贴近地方经济,为地方产业培养高质量的应用型人才,余姚市职业技术学校机械专业教师紧密联系当地的支柱产业,充分利用学校的实训设施,不断实践、研究,取得了不少实际经验,编写了中等职业学校机械专业理实一体化教材。

该教材在编写中,充分体现了工作过程导向的课程开发思想,凸显了职业教育的教学规律。它具有以下特点:一是能力本位,课程内容与要求、课程实施与评价等力求职业能力的培养,符合职业教育人才培养的目标要求;二是理实一体,打破了理论与实践二元分离的局面,使理实一体化;三是内容实用,紧紧围绕项目要求选择课程内容,不追求理论知识的系统性,而是强调内容的实用性。

编写组老师在教材编写中重视与当地产业的联系,教材中的数控车削加工实例,来源于当地知名的企业,在编写过程中,编写组老师得到了企业的大力支持,获得了企业提供的图纸、生产样品和工艺流程等一手资料,并通过深入企业实践,请教行业专家,根据学校的设备情况和教学要求,反复筛选,把典型的、具有代表性的产品改造成数控车削加工教学实例来进行教学,确定教材内容。

理实一体化、模块化和项目化的编写体系,具有鲜明地方特色的加工项目和较强趣味性的编写风格,可更好地激发学生学习数控车削的兴趣,调动学生的学习积极性,更好地培养学生的动手实践能力、合作精神和创新能力,实现教学任务项目与行业、企业需求的零距离接轨,形成学生职业技能,更好地培养当地企业急需的一线优秀数控工人。

参加教材编写的老师,均为学校的数控专业骨干教师,多次在省、市技能大赛中指导学生获奖或自己参赛获奖。他们借鉴、吸收了职业教育的许多先进理念和先进经验,并充分考虑当地经济特点,以现代企业的需求为基础,结合中等职业学校学生的认知规律,组织教材内容,使教师在使用该教材时,能教得轻松;学生在使用该教材时,学得轻松有趣。所以,从这个意义上讲,该教材是余姚市职业技术学校教师们立足课改,长期研究、实践的成果。

本教材的出版,必将进一步推动余姚市职业技术学校专业课程改革的教材的建设,为中等职业教育的发展做出更大贡献。

顾淑群

2009年11月

前 言

本书根据中等职业教育的培养目标,以培养技能型人才为出发点,坚持“以就业为导向,以能力为本位,以项目为载体”和“校企合作,工学结合”的指导思想,按照理实一体化的要求,并紧密结合当地企业的生产实际。在内容编排上,针对中职学生的特点,遵循实用、够用的原则,删繁就简、循序渐进,力求使学生容易理解和掌握。

本书在编写过程中力求突出以下特点:

1. 理实一体化。教师“做中教,教中做”,学生“做中学,学中做”。不是强调知识的系统性、完整性,而是遵循理论和实践相结合的原则,将理论知识和操作技能融为一体,以工作任务需要来组织教学内容,通过大量、反复的训练,强化对学生的实践能力和职业技能的培养。

2. 模块化与项目化。根据课程的特点,将教学内容分为数控车床操作基础、轴类零件的加工、套类零件的加工、数控车工(中级)技能鉴定实例、当地企业数控车削加工实例与趣味加工六个模块。每个模块由若干个项目组成,每个项目都有明确的教学目标,在项目中设置一个任务,将所要掌握的知识与技能隐含其中,学生通过教师的引导,对任务进行分析思考和操作实践,最终完成任务,在完成任务的过程中实现对所学知识和技能的掌握。

3. 地方特色。根据当地机械(含数控)行业和企业的需求和生产特点,把典型的、有代表性的产品改造成数控车削加工教学实例来进行教学,力求使教学与生产实际相结合,突出学以致用,更好地培养当地企业急需的一线优秀数控车工。

4. 趣味性。本书最后一个模块为趣味加工,教材只提供图纸,让学生运用已掌握知识和技能编写加工程序,独立自主地进行工艺品的数控车削加工,激发学生对本课程的学习兴趣,充分调动其学习积极性,培养学生的合作精神和创新能力。

本书由余姚市职业技术学校孙动策担任主编,姚月焕、俞红旗、唐国梁担任副主编,熊荣生、王铁军、张国年、闻增灿、曹建标、谷成峰参与了本书的编写工作。顾淑群、应龙泉、张益文、卢建飞对本书的编写提出了许多宝贵意见和建议,浙江工商职业技术学院、宁波市职成教教研室、宁波市中等职业教学机械专业教学学会、余姚市消防器材协会、余姚市水暖器材协会、宁波市云峰防火设备有限公司、余姚市成峰精密仪器部件厂、宁波市钦丰洁具有限公司、宁波市荣盛电器有限公司提供了大力支持,在此表示衷心的感谢。

本书供中等职业学校机械类专业师生使用,也可供相关成人培训机构使用。本课程共计29个项目,共需90学时。通过本课程的训练,学生可达到数控车工中级工技能水平。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中的错误和不足之处在所难免,恳请同行和读者批评指正。

编 者

2009年11月

目 录

模块一 数控车床操作基础	1
项目1 数控车床基础知识与面板操作	1
项目2 数控车床的手动操作	7
项目3 数控车床程序输入、校验与图形模拟	11
模块二 轴类零件的加工	16
项目1 简单阶梯轴的加工	16
项目2 外圆锥面的加工	23
项目3 成形面的加工	30
项目4 切槽与切断	35
项目5 内外径粗、精车复合循环指令	40
项目6 封闭切削粗车循环指令	44
项目7 普通外螺纹车削	50
项目8 综合轴类零件加工实例	61
模块三 套类零件的加工	67
项目1 通孔与阶梯孔的加工	67
项目2 盲孔与内沟槽的加工	71
项目3 内螺纹的加工	74
项目4 综合套类零件加工实例	78
模块四 数控车工（中级）技能鉴定实例	83
项目1 数控车工（中级）技能鉴定实例1	83
项目2 数控车工（中级）技能鉴定实例2	85
项目3 数控车工（中级）技能鉴定实例3	86
项目4 数控车工（中级）技能鉴定实例4	88

模块五 当地企业数控车削加工实例	90
项目1 螺圈的加工	90
项目2 阀体的加工	94
项目3 90°弯管接头的加工	98
项目4 美制螺纹管接头的加工	102
项目5 小喷头主体的加工	108
项目6 平底座的加工	111
模块六 趣味加工	115
项目1 子弹的加工	115
项目2 葫芦的加工	116
项目3 国际象棋中国王的加工	117
项目4 酒杯的加工	118
参考文献	119



数控车床操作基础

项目1 数控车床基础知识与面板操作

实训目的

- ◆ 了解数控车床及其组成
- ◆ 掌握数控车床面板各按键功能

知识准备

1. 数控车床介绍

数控车床是计算机数字控制（CNC）车床的简称，数字控制车床是用数字代码形式的信息（程序指令），控制刀具按给定的工作程序、运动速度和轨迹进行自动加工的车床。它集通用性好的万能型车床、加工精度高的精密型车床和加工效率高的专用型车床的特点于一身，是国内使用量最大、覆盖面最广的一种数控机床。它具有广泛的加工工艺性能，可加工圆柱、圆锥、圆弧和各种螺纹；具有直线插补、圆弧插补等各种补偿功能，并在复杂零件的批量生产中发挥了良好的经济作用。

2. 数控车床的组成

数控车床一般由车床主体、数控装置、主轴伺服系统、进给伺服系统及辅助部分等组成。下面以 CAK3665dj 数控车床（见图 1-1）为例进行介绍。

（1）车床主体

车床主体是指数控车床的机械主体。由车床的基础大件（如床身及导轨、底座）、各运



图 1-1 CAK3665dj 数控车床

动部件（如主轴、刀架和机械传动机构等）及辅助装置（如润滑装置、冷却装置等）所组成。通过专门设计，数控车床主体各部位性能比普通车床优越，如结构刚性好，能适应高速和强力车削需要；精度高，可靠性好，能适应精密加工和长时间连续工作等。

(2) 数控装置

数控装置（习惯称为数控系统）是数控车床的控制核心，是对机床进行控制，并完成零件自动加工的专用微型计算机。它接收数字化了的零件图样和工艺要求等信息，按照一定的数学模型进行插补运算，用运算结果实时地向伺服系统和其他辅助的控制线路发出指令信号，对机床的各运动坐标进行速度和位置控制，完成零件的加工。

(3) 伺服系统

伺服系统包括伺服驱动电机、各种伺服驱动元件和执行机构等，是数控系统的执行部分。其作用是来自数控装置的脉冲信号转换成机床移动部件的运动。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服驱动系统，整台机床的性能主要取决于伺服系统。

3. 数控车床面板按键与功能介绍

数控系统的控制面板是操作人员与数控系统进行人机交流的最主要的介质。本书以 FANUC 0i Mate-TC 数控系统（见图 1-2）为例来介绍数控车床控制面板的操作。



图 1-2 FANUC 0i Mate-TC 数控系统操作面板

(1) 数控车床 LCD/MDI 单元（见图 1-3），各常用功能键作用见表 1-1。

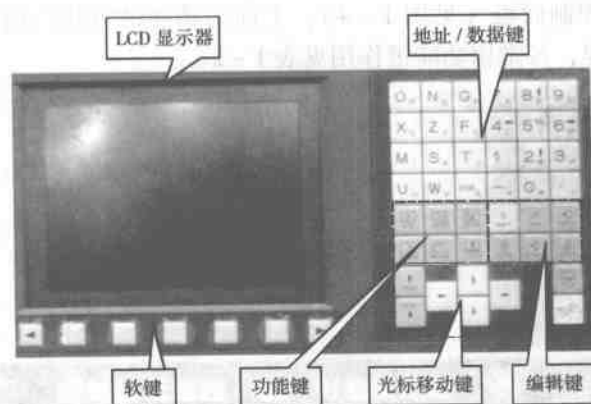


图 1-3 FANUC 0i Mate-TC 数控系统 LCD/MDI 单元

表 1-1 FANUC 0i Mate-TC 数控系统 LCD/MDI 单元常用功能键的作用

MDI 软键	功 能
各字符与数字键	输入程序中各指令和各种参数值；其中  将输入“；”号，表示换行
	在 LCD 中显示坐标值
	进入程序编辑和显示界面
	进入加工参数设定显示界面
	在自动运行模式下将显示图形模拟画面
	换挡键
	取消键；删除单个字符
	将数据域中的数据输入到指定的区域
	替换键
	插入键
 	实现左侧 LCD 中显示内容的向上、下翻页
	移动 LCD 中的光标位置
	删除键
	复位键；终止一切输出指令，CNC 回复到初始状态

(2) 数控车床的控制面板 (见图 1-4), 上面的功能键可执行简单的操作, 直接控制车床的动作及加工过程, 各常用功能键作用见表 1-2。

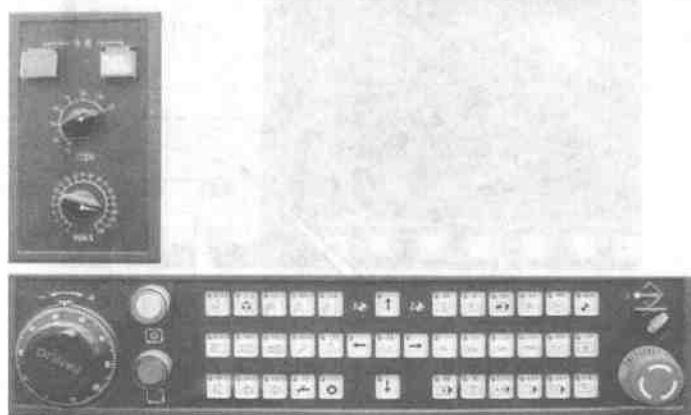
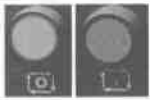
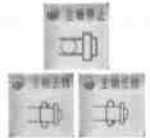
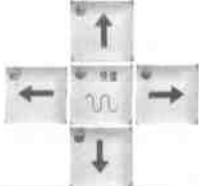


图 1-4 FANUC 0i Mate-TC 数控系统控制面板

表 1-2 FANUC 0i Mate-TC 数控系统控制面板常用按键/旋钮的功能

按键/旋钮	功 能	功能说明
	启动/关闭系统	启动/关闭控制系统
	主轴/进给倍率修调	调节主轴旋转/进给速度倍率
	手轮	手轮模式下转动手轮进行进给
	程序暂停/启动	系统处于“自动运行”模式下, 程序运行暂停/程序运行启动
	主轴控制	分别为: 停止、正转、反转
	冷却液控制	打开/关闭冷却液
	换刀	手动选刀
	手动进给	在选定坐标轴和进给方向下手动进给, 按下中间快速键处于快速进给模式

续表

按键/旋钮	功 能	功能说明
	编辑	系统进入程序编辑模式,用于直接通过操作面板输入数控程序和编辑程序
	MDI	系统进入 MDI 模式,手动输入并执行指令
	自动运行	系统进入自动加工模式
	手动	机床处于手动模式,可以手动连续移动
	手轮脉冲	控制手轮进给的坐标轴
	脉冲最小单位/快速倍率	控制手轮脉冲的最小单位或快速移动的倍率
	回参考点	机床处于回零模式;机床必须首先执行回零操作,然后才可以运行
	单段执行	运行程序时每次执行一条数控指令
	跳步	此按键被按下后,数控程序中的注释符号“/”有效
	机床锁住	锁住机床
	选择暂停	当此按键按下后,“M01”代码有效
	空运行	机床进入空运行模式
	急停按钮	按下急停按钮,使机床移动立即停止,并且所有的输出如主轴的转动等都会关闭

☺ 实训任务

任务: 参观数控车间,熟悉数控车床面板各按键的功能

1. 任务分析

该任务是进行数控车床操作的首要任务,也是熟练操作车床的基础。虽然数控车床和数控系统生产厂家众多,但是通过对沈阳第一机床厂的 CAK3665dj 数控车床及 FANUC Oi Mate-TC 数控系统的熟悉,也能基本理解其他数控车床的面板操作。

2. 任务实施

a. 参观数控车间，了解数控车床的组成。

b. 机床操作。

(a) 开机。

在机床侧面旋转“POWER ON”旋钮接通电源，按操作面板上“系统启动”按键，开启数控系统。松开“紧急停止”按键，解除系统报警。

(b) 程序的建立与编辑。

按操作面板上“编辑”按键，进入编辑模式。

按 MDI 单元上的“PROG”按键，LCD 进入程序编辑画面。

输入准备储存的程序号（如 O0001），按“EOB”键，再按“INSERT”键，建立 0001 号程序（如果新建程序号与原有程序重复，则更改新建的程序号）。

灵活运用编辑键与光标移动键区域的各个按键，输入地址/数据键区域的每一个数字和字符，重点掌握编辑键区域各个按键的功能。

(c) 手动模式。

按操作面板上的“手动”按键，进入手动模式。

按 MDI 单元上的“POS”按键，LCD 进入坐标画面。

分别按操作面板上的手动进给区域中的各个按键，配合快速倍率按键“F0”、“25%”、“50%”、“100%”的选择，仔细观察刀架的移动方向与速度的变化，并观察 LCD 中坐标的变化。

(d) 手轮模式。

按操作面板上的“手轮 X”按键，进入手轮模式。

旋转手轮，配合脉冲最小单位按键“×1”、“×10”、“×100”、“×1000”的选择，仔细观察刀架移动方向与速度的变化。随后按“手轮 Z”按键，切换成 Z 方向。

3. 任务评价（见表 1-3）

表 1-3 数控车床基础知识与面板操作评分表

序号	项目内容	配分	评分标准	检测记录	得分
1	熟悉数控车床	10	教师提问，每错 1 个扣 3 分		
2	开机	10	出错不得分		
3	编辑模式操作	20	教师提问，每错 1 个扣 4 分		
4	手动模式操作	20	教师提问，每错 1 个扣 4 分		
5	手轮模式操作	20	教师提问，每错 1 个扣 4 分		
6	机床的维护、操作	10	不合格不得分		
7	安全、文明生产	10	不合格不得分		
姓名		学号		总得分	

项目 2 数控车床的手动操作

实训目的

- ◆ 掌握数控车床的坐标系
- ◆ 掌握数控车削刀具的安装与工件的装夹
- ◆ 掌握手动加工简单工件的方法

知识准备

1. 数控车床的坐标系

(1) 机床坐标系

数控机床标准坐标系采用右手直角笛卡儿坐标系（见图 1-5），大拇指所指方向为 X 轴的正方向，食指所指方向为 Y 轴的正方向，中指所指方向为 Z 轴的正方向。

在数控车床中，平行于横向运动方向为 X 轴，主轴纵向方向为 Z 轴，车刀远离零件的方向为正向，接近零件的方向为负向。水平床身前置刀架车床坐标系如图 1-6 所示。

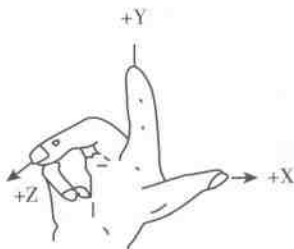


图 1-5 右手笛卡儿坐标系

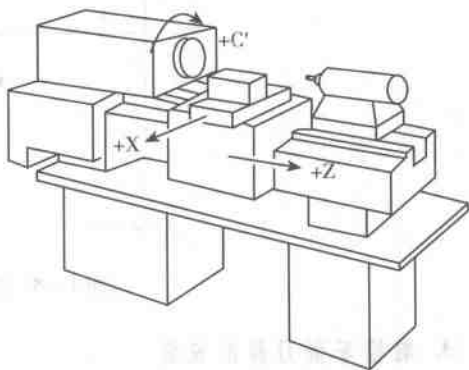


图 1-6 水平床身前置刀架坐标系

(2) 工件坐标系

工件坐标系是用于确定工件几何图形上各个几何要素（点、直线和圆弧）的位置而建立的坐标系，也称编程坐标系。工件坐标系的原点一般设在右端面与主轴回转中心线的交点上。X 轴位于水平面且垂直于零件旋转轴线的方向，刀具远离主轴轴线方向为正向。Z 轴方向为主轴轴线方向，刀具远离工件方向为正向。工件坐标系的设置如图 1-7 所示。

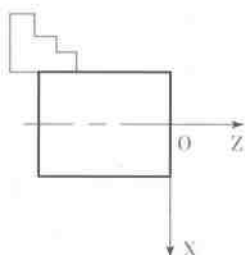


图 1-7 工件坐标系

2. 数控车床的编程方式

(1) 绝对坐标方式和增量坐标方式

a. 绝对坐标系。

所有坐标点的坐标值均相对于工件坐标系原点计算，其坐标分别用 X、Z 表示。

b. 增量坐标系。

坐标点的坐标值是相对于刀具前一位置（或起点）计算，其坐标分别用 U、W 表示。

(2) 直径编程

由于零件在图样上的标注及测量多用直径表示，所以数控车床数控系统一般采用直径编程。在绝对坐标编程中，X 值为零件的直径值，增量坐标编程中，U 值为刀具径向实际移动量的 2 倍。

例 1-1 如图 1-8 所示，O 点为工件坐标系原点，A 点的绝对坐标 (X, Z) 为 (16, -7)，B 点的绝对坐标 (X, Z) 为 (16, -20)。A 点相对于 O 点的增量坐标 (U, W) 为 (16, -7)，B 点相对于 A 点的增量坐标 (U, W) 为 (0, -13)。

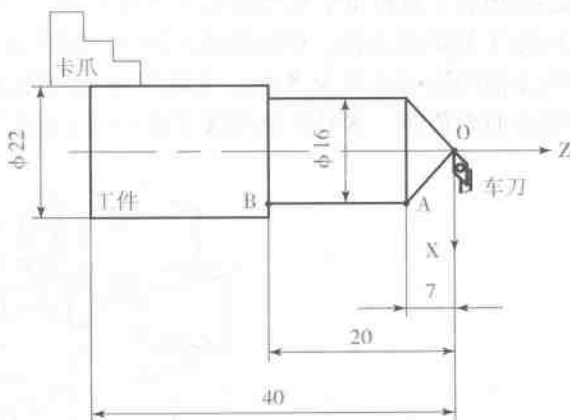


图 1-8 数控车床的编程方式

3. 数控车削刀具的安装

车刀安装的正确与否，将直接影响切削能否顺利进行和工件的加工质量，安装刀具时，应注意以下几个问题：

a. 车刀安装在刀架上，伸出部分不宜太长，伸出量一般为刀杆高度的 1—1.5 倍。伸出过长会使刀杆刚性变差，切削时易产生振动，影响工件的表面粗糙度。

b. 车刀垫片要平整，数量要少，垫片应与刀架对齐。车刀至少要用两个螺钉压紧在刀架上，并逐个轮流拧紧。

c. 车刀刀尖应与工件轴线等高，否则会改变车刀工作时的前角和后角的数值，从而影响切削加工。车刀刀尖高于工件轴线，使后角减小，增大了后刀面与工件的摩擦；车刀刀尖低于工件轴线，使前角减小，切削力增加，切削不顺利。

车端面时,车刀刀尖若高于或低于工件中心,车削后工件端面中心会留下凸头。

4. 工件的装夹

三爪自定心卡盘是数控车床最常用的夹具,它夹持工件时一般不需要找正,装夹速度较快,但夹紧力较小,因此必须使用加力杆辅助夹紧。

5. 数控车削切削用量的选择

选择切削用量的目的是在保证加工质量和刀具耐用度的前提下,使切削时间最短,生产率最高,成本最低。

切削用量包括背吃刀量 a_p 、进给量 f 和切削速度 v_c 三个要素。

(1) 背吃刀量 a_p 的确定

零件上已加工表面与待加工表面之间的垂直距离称为背吃刀量。

粗加工时,除留下精加工余量外,应尽可能选择较大的背吃刀量,以减少走刀次数,提高生产率。精加工时,通常选较小的背吃刀量,以保证加工精度和表面粗糙度。

(2) 进给量 f 的确定

粗加工时,由于对工件的表面质量没有太高的要求,这时主要根据机床进给机构的强度和刚性、刀杆的强度和刚性、刀具材料、刀杆和工件尺寸以及已选定的背吃刀量等因素来选取尽可能大的进给量。精加工时,主要考虑表面粗糙度的要求和刀具及工件材料等因素,应选取较小的进给量。

(3) 切削速度 v_c 的确定

切削速度可根据已经选定的背吃刀量、进给量及刀具耐用度进行选取。实际加工过程中,也可根据生产实践经验和查表的方法来选取。粗加工或工件材料的加工性能较差时,宜选用较低的切削速度;精加工或刀具材料、工件材料的切削性能较好时,宜选用较高的切削速度。切削速度确定后,可根据工件直径(D)来确定主轴转速 n (r/min)。公式如下:

$$n = 1000v_c / (\pi D)$$

☺ 实训任务

任务: 手动加工图 1-9 中的零件

1. 任务分析

要熟练完成该任务,要求学生理解和掌握数控车床的坐标系统,并熟练掌握装刀、装夹工件与手动加工简单工件的方法。本任务是以后进行自动加工的基础,同时要求学生在操作中了解数控车床安全操作的相关规程。

2. 任务实施

(1) 工件的安装和找正

a. 松开三爪,使之处于适当的位置。